

Roberto Cognoli¹, <https://orcid.org/0000-0002-6731-6283>
Timothy Daniel Brownlee¹, <https://orcid.org/0000-0001-6156-1264>

¹ School of Architecture and Design “Eduardo Vittoria”, University of Camerino

roberto.cognoli@unicam.it
timothy.brownlee@unicam.it

Primary Contact: Roberto Cognoli; roberto.cognoli@unicam.it

This article has been accepted for publication and undergone full peer review but has not been through the copyediting, typesetting, pagination and proofreading process, which may lead to differences between this version and the Version of Record.

Published: August 8, 2026
DOI: 10.36253/techne-20704

ENG

Adaptive living environments and collective intelligence: digital innovation for a realisable utopia

Abstract. This essay examines adaptive inhabitation as a paradigm that the twentieth century formulated without the tools to translate it into practice. Friedman, Habraken, Price and Archigram placed spatial evolution over time at the centre; what was lacking was the infrastructure able to make it operational. Today, the digital transition introduces an epistemic discontinuity: reading space as a dynamic system and turning the knowledge produced into a collective resource (Lévy, 1994). The gap between digital legibility and physical transformability remains open. The contribution proposes predisposition to variability as a way to address it: data as a common good, rules as a design object, coordination between the two intelligences, and transformability as an incremental horizon.

Keywords: Digital innovation; Collective intelligence; Design culture; Climate adaptation; Adaptive urban space.

Please cite this article as: Cognoli, R. and Brownlee, T. D. (2026). Adaptive living environments and collective intelligence: digital innovation for a realisable utopia / Abitare adattivo e intelligenza collettiva: innovazione digitale per un'utopia realizzabile. *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, Just Accepted.

Introduction: adaptivity as an unresolved question

The notion of adaptivity refers, in its most general meaning, to the capacity of a system to modify itself in response to changing external conditions, while maintaining its functional coherence over time. In the contemporary debate on climate adaptation, this logic is extended from biological systems to human and natural systems: the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) defines adaptation as a process of adjustment to actual or expected climate and its effects (IPCC, 2022), while the European Strategy calls for smarter, more systemic and faster processes, based on improved knowledge and territorial intervention tools (European Commission, 2021). When transposed to the field of the built environment, this notion acquires a specific complexity. Cities, buildings and infrastructures are at once places exposed to climate impacts and material systems characterised by long transformation times. It is within this tension between the urgency of change and the inertia of built matter that adaptivity becomes central to technological design culture.

Within the disciplinary field addressed here, however, adaptivity does not lend itself to a single definition. The term coexists with related concepts, such as adaptability, flexibility and responsiveness, which describe distinct but frequently overlapping phenomena (Andaloro, 2023; Perri Drago, 2020). Flexibility mainly acts on the organisation of space; responsiveness describes the capacity of a system to react in real time to environmental stimuli; adaptivity, understood in a broader sense, concerns the capacity of the built environment to modify itself over time in relation to changing conditions of use, social demands and environmental pressures, while maintaining coherence and quality of inhabitation (Vittoria, 1983; Perriccioli, 2016). The different interpretations of the concept converge in recognising time as an internal dimension of design, rather than as a merely external condition to be managed.

The problem of adaptivity largely precedes its technological formulations. The architectural debate of the post-war period had already clearly raised the question of a space capable of evolving over time in relation to a dynamic society and to demands not determined in advance. The visions of Friedman, Habraken, Price and Archigram, despite their different languages and programmes, share a common operation: shifting the design question from the final configuration of space to the structure of the conditions that make its transformation over time possible (Banham, 1976; Tafuri, 1973). Till (2009) has shown how architecture has historically resisted dependence on time, structuring itself around the logic of the completed object rather than that of the open process; Brand (1994), in a complementary way, documented how buildings nevertheless change through overlapping layers of transformation, independently of the original design intentions. The capacity of the built environment to evolve over time therefore remains an open research question (Perri Drago, 2020).

The contemporary framework introduces a significant discontinuity in terms of the available tools. The digital transition has expanded the capacity to read and simulate built space, opening up possibilities for managing complexity that twentieth-century utopias had intuited but could not govern (Carpo, 2011; Kolarevic and Parlac, 2015). This transformation makes previously implicit processes describable, simulable and shareable, while raising the question of who has access to the knowledge produced and to what extent it can be translated into the physical transformation of inhabited space. On the one hand, there is the knowledge generated by monitoring systems applied to the built environment, which can be related to the notion of Ambient Intelligence discussed by Leach (2022); on the other, there is the shared knowledge produced by inhabitants through interaction, according to the notion of Collective Intelligence developed by Lévy (1994).

This distinction between knowability and transformability is particularly relevant within the framework of urban climate adaptation. Temporary adaptation strategies operate precisely within the temporal gap between the speed at which environmental impacts occur and the slower pace at which the built environment can transform, intervening while the structural transformations of planning require medium- to long-term timeframes (Brownlee, 2023).

The critical issue is not whether the digital can, by itself, close the gap between the legibility of space and its physical transformability, but how it can contribute to making that gap traversable: through shared data, more informed decision-making processes, rules of transformation and spatial devices capable of operating over time. It is on this threshold, between what the environment makes knowable and what the community can effectively transform, that the essay develops its exploration, articulated around the concept of predisposition to variability.

Twentieth-century adaptive utopias

The design of an inhabitation capable of changing over time runs through a significant part of the architectural culture of the second half of the twentieth century. Friedman's *Architecture Mobile* offers one of its most explicit formulations: the architect provides an indeterminate load-bearing infrastructure, while the configuration of the dwelling is entrusted to the user (Friedman, 1970). *La Ville Spatiale* shows how this logic also operated at the urban scale. Habraken's articulation of Support and Infill translates the same concern into an operative logic: separating the shared and permanent structure from what can be modified by the user, and assigning different degrees of control and transformability (Habraken, 1972). This approach anticipates the temporal stratification of the building that Brand would later describe through the distinction between layers with different durations, inertias and replacement cycles (Brand, 1994).

Cedric Price's cybernetic experiments belong to the same trajectory. The Fun Palace, conceived with Joan Littlewood from the early 1960s onwards, proposed a flexible and programmable structure, oriented towards changing uses and user participation. At the urban scale, Archigram's proposals, from *Plug-in City* to *Walking City*, pushed the adaptive instance towards the metaphorical limit of the mobile and modular city (Banham, 1976). Beyond their differences in language and programme, these positions share the critical operation of shifting the design question from the final configuration of space to the definition of the conditions that make its transformation over time possible. What was lacking was not the intuition, but the technical, managerial and informational infrastructure capable of translating it into widespread practice. The discipline's resistance to assuming time as a constitutive variable of design kept these visions within the domain of prefiguration (Till, 2009). The adaptive instance therefore remained open, unresolved in its translation into widespread practices of inhabitation (Perri Drago, 2020), and the contemporary digital framework reactivates it.

New digital utopias

If twentieth-century utopias had formulated the adaptive instance without possessing the technical, managerial and informational infrastructure required to translate it into widespread practice, proto-digital utopias, understood here as the imaginaries of early digital culture, appear to have performed an inverse and equally partial movement. They constructed a cognitive infrastructure of inhabitation, that is, the possibility of reading, describing, connecting and calculating space, without necessarily making it physically transformable or collectively governable. This asymmetry between digital legibility, physical transformability and the collective capacity to orient change is examined in this section through three passages: space read as a flow of information, the environment understood as a knowing system, and formal complexity improperly assumed as adaptivity.

Space as a flow of information

The first redefinition concerns the status of space itself. In *City of Bits*, Mitchell (1995) describes the emergence of a city composed of interconnected virtual spaces, in which digital connectivity modifies the relationship between place, function and proximity. The possibility of accessing services, relations and activities through information networks weakens exclusive dependence on physical adjacency and redistributes some practices of inhabitation across communicative infrastructures. The opposition between the Space of Flows and the Space of Places developed by Castells (1996)

shifts this interpretation onto a socio-spatial and critical plane. The network society does not eliminate places, but reorganises them according to hierarchies of connection, access and control. The discourse on the smart city can also be read as a radicalisation of this informational logic. The city appears more responsive because it produces data, orients behaviours, optimises services and personalises certain forms of access. However, this responsive capacity does not necessarily imply a material transformation of space, which remains slower, more costly and more constrained. The gap between legibility and transformability therefore emerges as a question of access and control. Those who can read, use and optimise informational space do not necessarily coincide with those who inhabit and can transform physical space. This gap contains the risk of technological solutionism criticised by Morozov (2013), namely the tendency to confuse the capacity to read and manage a problem with the capacity to transform its material and social conditions.

The environment that knows

The second redefinition concerns the environment itself, understood as a system endowed with cognitive capacity. The notion of Ambient Intelligence discussed by Leach (2022) describes a sensitive environment, crossed by devices that detect, record and interpret its own conditions of operation. Yet knowing does not mean transforming. An environment that becomes legible to itself is not, for this reason alone, an environment capable of modifying itself. Artificial Intelligence may also be understood as a device for recognising, generating and interpreting design patterns. It enhances legibility, but does not yet automatically enhance transformability. The intelligence of the environment expands what can be known about space, not necessarily what can be done with it.

Formal complexity as adaptivity

The third reconfiguration risks confusing adaptivity with formal complexity. Positions close to Parametricism propose computational order as a paradigm capable of generating configurations of high formal complexity (Schumacher, 2009). However, formal complexity does not coincide with social adaptivity: an environment that is formally complex is not, for this reason alone, an environment that can vary over time or respond to changing uses. Digital culture has challenged the paradigm of identical repetition, opening towards variation, personalisation and non-standard production (Carpo, 2011). This variety does not necessarily produce environments that inhabitants can transform, nor spaces able to adapt to changing conditions of use. It is computational variety, not yet variability enabled over time.

The synthesis of these three redefinitions is substantially unambiguous. Proto-digital utopias made space legible without necessarily making it transformable. Where this capacity for transformation is absent, as Granata observes, the possibility of adapting inhabitation to changing life risks being absorbed by rigid or speculative models, rather than being translated into structures capable of growing and changing with people (Granata, 2021). The gap is therefore not a failure, but an unfinished task. It is necessary to define how the knowledge produced by the digital can become a shared condition for material, reversible and collectively orientable transformations.

A new approach to adaptive inhabitation

Traversing the gap means shifting the object of design from the final state of the built system to the conditions within which its variation can occur. Predisposition to variability names this shift: from the transformed form to the system of relations and constraints that makes transformation possible, coordinated and reversible. It does not indicate a closed procedural method, but a methodological orientation composed of design criteria that can be declined across different operational contexts. This framework is articulated through four converging principles.

Designing with data

The first principle concerns the status of data within the design process. Environmental and use-related data already enter the early stages of design, and the available tools make this integration increasingly pervasive (Bernstein, 2025). The issue therefore concerns the role assigned to data and the conditions of their access. Data can be treated as material for generating formal configurations, distributions of use, logics of incremental transformation and optimisation scenarios, or as instruments of control and verification in the hands of the client or the manager. The design of digital data can contribute to the production of spaces capable of responding to the needs of those who inhabit them (Dall'Osso et al., 2022) and support decision-making processes oriented towards the adaptation of the built environment to the effects of climate change (Cognoli et al., 2026). The difference concerns not only technique, but the governance of the process.

Data infrastructure is not neutral: it determines who can read space, who can interpret it and who can act upon it. In this sense, Lévy's notion of Collective Intelligence (1994) allows data to be understood as a shareable resource, through which the transformation of the built environment can become an object of collective deliberation rather than solely of technical management.

Designing the rules within which transformation can occur

The second principle constitutes the core of the approach. Predisposition to variability is not limited to the possibility of modifying space, but requires transformation to be enabled by a system of rules, constraints and relations defined from the outset. Design therefore does not coincide with the final configuration of the built system, but with the construction of the conditions within which variation can occur in a coordinated, progressive and recognisable manner over time.

The experience of Incremental Housing by Aravena and Iacobelli (2012), synthesised in the notion of Half of a Good House, shows how design can define a structural, dimensional and regulatory framework within which the inhabitant progressively completes and transforms the dwelling. The rule operates as an enabling constraint: it does not prescribe a concluded form, but delimits a field of possible transformations. Sanchez (2020) reinterprets this issue in the age of digital platforms, distinguishing between extractive systems, which capture the value of participation and personalisation, and generative commons, in which parts, rules and combinatorial possibilities become accessible to a plurality of subjects. Predisposition to variability is positioned between enabling direction and generative commons, clarifying who has access to the instruments of transformation and what degree of initiative is recognised for the inhabiting community.

Coordinating the two intelligences: active community and design as mediation

The third principle concerns design mediation between the two intelligences introduced at the outset. Ambient Intelligence (Leach, 2022) and Collective Intelligence (Lévy, 1994) are treated as two layers: what monitoring systems make knowable about the environment, and what inhabitants know collectively. Design has the task of bringing these layers into relation, rather than leaving them merely juxtaposed.

Within this framework, Artificial Intelligence assumes an instrumental rather than a resolute role. It enhances the legibility of space and can enable forms of personalisation at scale. Kolarevic and Duarte (2019) show that mass customisation does not concern only the differentiation of output, but also access to the instruments of variation. The critical distinction therefore becomes that between a closed platform, which captures the value of personalisation, and a generative commons, which redistributes its rules, parts and possibilities, according to the vocabulary proposed by Sanchez (2020).

This interrelation leads to a reconfiguration of the designer's role. Predisposition to variability frames the inhabitant as an active subject and expands the role of the designer towards mediation and direction: providing the community with instruments to govern change, while orienting technical potential towards objectives of public interest.

Physical transformability as a practicable horizon

The fourth principle addresses the physical translation of transformation. Predisposition to variability does not require an entirely new technological apparatus, but rather the coherent combination of already available logics and tools, reoriented around the principles of reversibility and incrementality. At the construction level, Habraken's distinction between Support as durable and Infill as replaceable remains the basic reference, today integrated by the possibility of conceiving components as discrete and recombining parts (Habraken, 1972; Retsin, 2019). This logic allows for diversified outcomes, ranging from lightweight prefabrication to the adaptive reuse of components already in place. At the political-design level, organising such components as a distributed asset removes reconfigurability from a strictly proprietary logic (Sanchez, 2020).

The convergence of these references does not resolve the gap, but makes something more circumscribed, and therefore practicable, possible: making the gap traversable incrementally, one part at a time. In this logic, adaptive inhabitation is configured as a process to be governed over time, a permanent design laboratory whose rules and informational infrastructures are inscribed in the system from the outset, while its outcomes remain deliberately open to subsequent modifications.

Conclusion

The digital did not inaugurate the theoretical and design problem of adaptive inhabitation, and it is unlikely to resolve it on its own. It has, however, made visible, with a degree of precision that was previously difficult to achieve, the gap between what can be known about space and what can effectively be transformed within it. This is a gap that twentieth-century adaptive utopias had intuited without being able to measure, that the proto-digital visions of recent decades have expanded, sometimes without recognising it as such, and that now confronts design culture in new terms. The novelty concerns not only the nature of the tools available, but also the fact that the distance between legibility and transformability has itself become measurable, discussable and designable.

Predisposition to variability does not resolve this gap. Rather, it indicates a way of traversing it without yielding either to technological optimism or to resignation. Designing the conditions of variation rather than the varied form, treating data as a common good rather than as an instrument of control, and assuming reversibility as a constructive category rather than as an ex post corrective are operations already present, in different forms, within the history of technological design culture. In the contemporary digital framework, however, they find more solid conditions of practicability than they have ever had before.

A risk nevertheless remains and should be made explicit. The digital can produce the appearance of adaptivity, composed of spaces that seem flexible, data that seem shared and processes that seem participatory, without producing its substance. This substance coincides with the capacity of communities to effectively transform the environment over time, according to recognisable priorities and through accessible instruments. The distinction between extractive platform and generative commons, between legibility as control and legibility as a collective resource, therefore does not remain a theoretical issue. It emerges in the construction choices, information protocols and forms of governance that each intervention adopts or excludes.

Access to the knowledge produced by digital legibility and the possibility of translating it into concrete transformation remain open and contextual questions. What design culture can do is construct the conditions for that negotiation to become possible, through reversible systems, accessible data and spaces sufficiently indeterminate to accommodate futures that design cannot yet foresee.

Acknowledgements and attribution

The contribution is the result of a shared reflection by the two authors, who contributed equally to all phases of the research and writing.

REFERENCES

- Andaloro, B. (2023), "Adattività", in Arrighi, L., Canepa, E., Lepratti, C., Moretti, B. and Servente, D. (eds), *Le parole e le forme. Book of Papers, Decimo Forum ProArch*, Società Scientifica ProArch, Genova, pp. 164-167.
- Aravena, A. and Iacobelli, A. (2012), *Elemental: Incremental Housing and Participatory Design Manual*, Hatje Cantz, Ostfildern.
- Banham, R. (1976), *Megastructure: Urban Futures of the Recent Past*, Thames & Hudson, London.
- Bernstein, P. (2025), *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, Revised Edition, RIBA Publishing, London.
- Brand, S. (1994), *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, Viking, New York.
- Brownlee, T.D. (2023), *Design with Climate Variables. Tecnologie per un adattamento temporaneo al cambiamento climatico*, FrancoAngeli, Milano.
- Carpó, M. (2011), *The Alphabet and the Algorithm*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Castells, M. (1996), *The Rise of the Network Society. The Information Age: Economy, Society and Culture*, Vol. I, Blackwell, Oxford.
- Cognoli, R. et al. (2026), "Towards Climate Adaptive Urban Planning: Minimum Urban Units-Based Adaptation Strategies to Mitigate UHI with AI Support", in Mahmoud, I.H. and Bibri, S.E. (Eds.), *Innovative Technologies and Circular Solutions for Sustainable Urban Communities*, Springer, Cham, pp. 23-37. DOI: 10.1007/978-3-031-99036-6_2
- Dall'Osso, G., D'Alessandro, M. and Melappioni, V. (2022), "Interattività spaziali. Sensorialità e progetto del dato digitale nello spazio", *AGATHÓN – International Journal of Architecture, Art and Design*, n. 12, pp. 58-67. DOI: 10.19229/2464-9309/1252022.
- European Commission (2021), *Forging a climate-resilient Europe – The New EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, COM(2021) 82 final, European Commission, Brussels.
- Friedman, Y. (1970), *L'architecture mobile. Vers une cité conçue par ses habitants*, Casterman, Paris/Tournai.
- Granata, E. (2021), *Placemaker. Gli inventori dei luoghi che abiteremo*, Einaudi, Torino.
- Habraken, N.J. (1972), *Supports: An Alternative to Mass Housing*, Architectural Press, London.
- IPCC (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Annex II: Glossary*, Cambridge University Press, Cambridge. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.
- Kolarevic, B. and Duarte, J.P. (eds) (2019), *Mass Customization and Design Democratization*, Routledge, London/New York.
- Kolarevic, B. and Parlac, V. (eds) (2015), *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change*, Routledge, London/New York.
- Leach, N. (2022), *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An Introduction to AI for Architects*, Bloomsbury Visual Arts, London.
- Lévy, P. (1994), *L'intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace*, La Découverte, Paris.
- Mitchell, W.J. (1995), *City of Bits: Space, Place, and the Infobahn*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Morozov, E. (2013), *To Save Everything, Click Here: The Folly of Technological Solutionism*, PublicAffairs, New York.
- Perriccioli, M. (2016), *Pensare la Tecnologia dell'Architettura*, Quodlibet, Macerata.
- Perri Drago, M.L. (2020), "'Living the Flexible Space'. Strategie tecnologiche e spaziali per le nuove forme di abitare", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 20, pp. 106-112. DOI: 10.13128/techne-8181.
- Retsin, G. (ed.) (2019), "Discrete: Reappraising the Digital in Architecture", *Architectural Design*, Vol. 89, n. 2, Profile n. 258, Wiley, London.
- Sanchez, J. (2020), *Architecture for the Commons: Participatory Systems in the Age of Platforms*, Routledge, London/New York.

Schumacher, P. (2009), "Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design", *Architectural Design*, Vol. 79, n. 4, pp. 14-23. DOI: 10.1002/ad.912.

Tafuri, M. (1973), *Progetto e utopia. Architettura e sviluppo capitalistico*, Laterza, Roma-Bari.

Till, J. (2009), *Architecture Depends*, MIT Press, Cambridge, MA.

Vittoria, E. (1983), "Tecnologia come sapere", *Rassegna*, n. 15.

Just accepted article

ITA

Abitare adattivo e intelligenza collettiva: innovazione digitale per un'utopia realizzabile

Abstract. Il saggio affronta il tema dell'abitare adattivo come paradigma che il Novecento ha formulato senza disporre degli strumenti per tradurlo. Friedman, Habraken, Price e Archigram avevano posto al centro dello spazio la possibilità di evolversi nel tempo; ciò che mancava era l'infrastruttura per renderlo praticabile. La transizione digitale introduce oggi una discontinuità epistemica: leggere lo spazio come sistema dinamico e rendere la conoscenza prodotta patrimonio collettivo (Lévy, 1994). Resta aperto il divario tra leggibilità digitale e trasformabilità fisica. Il contributo propone la predisposizione alla variabilità per attraversarlo: il dato come bene comune, le regole come oggetto del progetto, il coordinamento tra le due intelligenze, la trasformabilità come orizzonte incrementale.

Parole chiave: Innovazione digitale; Intelligenza collettiva; Cultura del progetto; Adattamento climatico; Spazio urbano adattivo..

Introduzione: l'adattività come questione irrisolta

La nozione di adattività rinvia, nella sua accezione più generale, alla capacità di un sistema di modificarsi in relazione al variare delle condizioni esterne, mantenendo nel tempo una propria coerenza funzionale. Nel dibattito contemporaneo sull'adattamento climatico, questa logica viene estesa dai sistemi biologici ai sistemi umani e naturali: l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) definisce l'adattamento come processo di adeguamento rispetto al clima attuale o atteso e ai suoi effetti (IPCC, 2022), mentre la Strategia Europea richiede processi più intelligenti, sistemici e rapidi, fondati su migliori strumenti di conoscenza e di intervento nei territori (European Commission, 2021). Trasposta nel campo dell'ambiente costruito, tale nozione assume una specifica complessità. Città, edifici e infrastrutture sono al tempo stesso luoghi di esposizione agli impatti climatici e sistemi materiali caratterizzati da tempi lunghi di trasformazione. È in questa tensione tra urgenza del cambiamento e inerzia della materia costruita che l'adattività acquista centralità per la cultura tecnologica del progetto.

Nel campo disciplinare che qui interessa, l'adattività non si presta tuttavia a una definizione univoca. Il termine convive con concetti affini, adattabilità, flessibilità, responsività, che descrivono fenomeni distinti ma frequentemente sovrapposti (Andaloro, 2023; Perri Drago, 2020). La flessibilità agisce prevalentemente sull'organizzazione dello spazio; la responsività descrive la capacità di un sistema di reagire in tempo reale a stimoli ambientali; l'adattività, intesa in senso più ampio, riguarda la capacità dell'ambiente costruito di modificarsi nel tempo in relazione al variare delle condizioni d'uso, sociali e ambientali, mantenendo coerenza e qualità abitativa (Vittoria, 1983; Perriccioli, 2016). Le diverse declinazioni del concetto convergono nel riconoscere il tempo come dimensione interna del progetto, e non come semplice condizione esterna da gestire.

Il problema dell'adattività precede largamente le sue formulazioni tecnologiche. Il dibattito architettonico del secondo dopoguerra aveva già posto con chiarezza la questione di uno spazio capace di evolvere nel tempo in relazione a una società dinamica e a domande non determinate in anticipo. Le visioni di Friedman, Habraken, Price e Archigram, pur nella diversità dei linguaggi e dei

programmi, condividono un'operazione comune, spostare la domanda progettuale dalla configurazione finale dello spazio alla struttura delle condizioni che ne rendono possibile la trasformazione nel tempo (Banham, 1976; Tafuri, 1973). Till (2009) ha mostrato come l'architettura abbia storicamente resistito alla dipendenza dal tempo, strutturandosi attorno a una logica dell'oggetto compiuto più che del processo aperto; Brand (1994) ha documentato, in modo complementare, come gli edifici cambino comunque attraverso strati sovrapposti di trasformazione, indipendentemente dalle intenzioni progettuali originarie. La capacità dell'ambiente costruito di evolvere nel tempo rimane un argomento di ricerca aperto (Perri Drago, 2020).

Il quadro contemporaneo introduce una discontinuità significativa sul piano degli strumenti disponibili. La transizione digitale ha ampliato la capacità di leggere e simulare lo spazio costruito, aprendo possibilità di governo della complessità che le utopie novecentesche avevano intuito senza poter gestire (Carpo, 2011; Kolarevic and Parlac, 2015). Questa trasformazione rende descrivibili, simulabili e condivisibili processi prima impliciti, aprendo la questione di chi abbia accesso alla conoscenza prodotta e in quale misura essa si traduca in trasformazione fisica dello spazio abitato. Da un lato si colloca la conoscenza generata dai sistemi di monitoraggio dell'ambiente costruito, riconducibile alla nozione di Ambient Intelligence discussa da Leach (2022); dall'altro la conoscenza condivisa che gli abitanti producono attraverso l'interazione, secondo la nozione di Intelligenza Collettiva elaborata da Lévy (1994).

Questa distinzione tra conoscibilità e trasformabilità assume particolare rilevanza nel quadro dell'adattamento climatico urbano. Le strategie temporanee di adattamento si collocano proprio nello scarto temporale tra la rapidità con cui si manifestano gli impatti ambientali e la lentezza con cui l'ambiente costruito riesce a trasformarsi, chiamate a intervenire mentre le trasformazioni strutturali della pianificazione richiedono tempi medio-lunghi (Brownlee, 2023).

Il punto critico non è se il digitale possa colmare da solo il divario tra leggibilità dello spazio e trasformabilità fisica, ma come possa contribuire a renderlo percorribile: attraverso dati condivisi, processi decisionali più informati, regole di trasformazione e dispositivi spaziali capaci di operare nel tempo. È su questa soglia, tra ciò che l'ambiente rende conoscibile e ciò che la comunità può effettivamente trasformare, che il saggio costruisce la propria esplorazione, articolata attorno al concetto di predisposizione alla variabilità.

Le utopie adattive del novecento

Il progetto di un abitare capace di modificarsi nel tempo attraversa una parte consistente della cultura architettonica del secondo Novecento. L'Architecture Mobile di Friedman ne offre una delle formulazioni più esplicite: l'architetto predispone un'infrastruttura portante e indeterminata, mentre la configurazione abitativa è demandata all'utente (Friedman, 1970). La Ville Spatiale mostra come questa logica operasse anche alla scala urbana. L'articolazione di Support e Infill elaborata da Habraken traduce la medesima istanza in una logica operativa ovvero separare la struttura condivisa e permanente da ciò che può essere modificato dall'utente, attribuendo differenti gradi di controllo e trasformabilità (Habraken, 1972). Questa impostazione anticipa la stratificazione temporale dell'edificio che Brand avrebbe successivamente descritto attraverso la distinzione tra strati con differenti durate, inerzie e cicli di sostituzione (Brand, 1994).

A questa linea appartengono le sperimentazioni cibernetiche di Cedric Price. Il Fun Palace, concepito con Joan Littlewood a partire dai primi anni Sessanta, proponeva una struttura flessibile e programmabile, orientata al cambiamento degli usi e alla partecipazione degli utenti. Alla scala urbana, le proposte di Archigram, dalla Plug-in City alla Walking City, spingono l'istanza adattiva fino al limite metaforico della città mobile e modulare (Banham, 1976). Al di là delle divergenze di linguaggio e di programma, queste posizioni condividono l'operazione critica di spostare la domanda progettuale dalla configurazione finale dello spazio alla definizione delle condizioni che ne rendono possibile la trasformazione nel tempo. Ciò che mancava non era l'intuizione, ma l'infrastruttura tecnica, gestionale e informativa capace di tradurla in pratica diffusa. La resistenza della disciplina

ad assumere il tempo come variabile costitutiva del progetto ha mantenuto queste visioni nel dominio della prefigurazione (Till, 2009). L'istanza adattiva è rimasta aperta, irrisolta nella sua traduzione in pratiche diffuse dell'abitare (Perri Drago, 2020), e il quadro digitale contemporaneo la riattiva.

Le nuove utopie digitali

Se le utopie novecentesche avevano formulato l'istanza adattiva senza disporre dell'infrastruttura tecnica, gestionale e informativa per tradurla in pratica diffusa, le utopie proto-digitali, intese qui come gli immaginari della prima cultura digitale, sembrano aver compiuto un movimento inverso e altrettanto parziale. Esse hanno costruito un'infrastruttura cognitiva dell'abitare, cioè la possibilità di leggere, descrivere, connettere e calcolare lo spazio, senza per questo renderlo necessariamente trasformabile, né collettivamente governabile. È questa asimmetria, tra leggibilità digitale, trasformabilità fisica e capacità collettiva di orientare il cambiamento, che la sezione indaga attraverso tre passaggi: lo spazio letto come flusso di informazioni, l'ambiente inteso come sistema conoscente e la complessità formale assunta impropriamente come adattività.

Lo spazio come flusso di informazioni

La prima ridefinizione investe lo statuto stesso dello spazio. In *City of Bits*, Mitchell (1995) descrive l'emergere di una città composta da spazi virtuali interconnessi, nella quale la connettività digitale modifica il rapporto tra luogo, funzione e prossimità. La possibilità di accedere a servizi, relazioni e attività attraverso reti informative indebolisce la dipendenza esclusiva dall'adiacenza fisica e ridistribuisce alcune pratiche dell'abitare lungo infrastrutture comunicative. La contrapposizione tra *Space of Flows* e *Space of Places* elaborata da Castells (1996) sposta questa lettura su un piano socio-spaziale e critico. La società in rete non elimina i luoghi, ma li riorganizza secondo gerarchie di connessione, accesso e controllo. Anche il discorso sulla smart city può essere letto come una radicalizzazione di questa logica informazionale. La città appare più reattiva perché produce dati, orienta comportamenti, ottimizza servizi e personalizza alcune forme di accesso. Tuttavia, questa capacità di risposta non implica necessariamente una trasformazione materiale dello spazio, che resta più lenta, costosa e vincolata. Il divario tra leggibilità e trasformabilità si manifesta quindi come una questione di accesso e controllo. Chi può leggere, usare e ottimizzare lo spazio informazionale non coincide necessariamente con chi abita e può trasformare lo spazio fisico. In questo scarto si colloca il rischio di soluzionismo tecnologico criticato da Morozov (2013), ovvero la tendenza a confondere la capacità di leggere e gestire un problema con la capacità di trasformarne le condizioni materiali e sociali.

L'ambiente che conosce

La seconda ridefinizione investe l'ambiente stesso, pensato come sistema dotato di capacità conoscitiva. La nozione di Ambient Intelligence discussa da Leach (2022) descrive un ambiente sensibile, attraversato da dispositivi di rilevamento, registrazione e interpretazione delle proprie condizioni di funzionamento. Ma conoscere non equivale a trasformarsi. Un ambiente che diventa leggibile a sé stesso non è per ciò stesso un ambiente capace di modificarsi. Anche l'Intelligenza Artificiale può essere letta come dispositivo di riconoscimento, generazione e interpretazione di pattern progettuali. Un potenziamento della leggibilità, ma non ancora un potenziamento automatico della trasformabilità. L'intelligenza dell'ambiente accresce ciò che si può sapere dello spazio, non necessariamente ciò che se ne può fare.

La complessità formale come adattività

La terza riconfigurazione rischia di confondere adattività e complessità formale. Le posizioni vicine al Parametricismo propongono l'ordine computazionale come paradigma capace di generare configurazioni di elevata complessità formale (Schumacher, 2009). Tuttavia, la complessità formale

non coincide con l'adattività sociale: un ambiente formalmente complesso non è per ciò stesso un ambiente variabile nel tempo o rispondente alla mutevolezza degli usi. La cultura digitale ha messo in crisi il paradigma della ripetizione identica, aprendo alla variazione, alla personalizzazione e alla produzione non standard (Carpo, 2011). Questa varietà non produce necessariamente ambienti che gli abitanti possano trasformare, né spazi adeguati al variare delle condizioni d'uso. Si tratta di varietà computazionale, non ancora di variabilità abilitata nel tempo.

La sintesi di queste tre ridefinizioni è pressoché univoca. Le utopie proto-digitali hanno reso lo spazio leggibile senza renderlo necessariamente trasformabile. Dove questa capacità di trasformazione manca, come osserva Granata, la possibilità di adattare l'abitare alla vita che cambia rischia di restare assorbita da modelli rigidi o speculativi, invece di tradursi in strutture capaci di crescere e modificarsi insieme alle persone (Granata, 2021). Il divario non è quindi un fallimento, ma un compito non completato. Occorre definire come la conoscenza prodotta dal digitale possa diventare condizione condivisa per trasformazioni materiali, reversibili e collettivamente orientabili.

Un nuovo approccio all'abitare adattivo

Attraversare il divario significa spostare l'oggetto del progetto dallo stato finale del sistema costruito alle condizioni entro cui la sua variazione può avvenire. La predisposizione alla variabilità nomina questo spostamento: dalla forma trasformata al sistema di relazioni e vincoli che rende la trasformazione possibile, coordinata e reversibile. Non indica un metodo procedurale chiuso, ma un orientamento metodologico composto da criteri progettuali declinabili in contesti operativi differenti. Il quadro si articola in quattro principi convergenti.

Progettare con i dati

Il primo principio riguarda lo statuto dei dati nel processo progettuale. I dati ambientali e d'uso entrano già oggi nelle prime fasi della progettazione, e gli strumenti disponibili rendono questa integrazione sempre più capillare (Bernstein, 2025). La questione riguarda quindi il ruolo attribuito ai dati e le condizioni del loro accesso. Essi possono essere trattati come materiale per generare configurazioni formali, distribuzioni d'uso, logiche di trasformazione incrementale e scenari di ottimizzazione, oppure come strumenti di controllo e verifica in mano al committente o al gestore. Il progetto del dato digitale può contribuire alla produzione di spazi capaci di rispondere alle esigenze di chi li abita (Dall'Osso et al., 2022) e sostenere processi decisionali orientati all'adattamento dell'ambiente costruito agli effetti dei cambiamenti climatici (Cognoli et al., 2026). La differenza non riguarda solo la tecnica, ma la governance del processo.

L'infrastruttura dei dati, non è neutra, determina chi può leggere lo spazio, chi può interpretarlo e chi può agire su di esso. In questa accezione, la nozione di Intelligenza Collettiva di Lévy (1994) consente di leggere il dato come risorsa condivisibile, attraverso cui la trasformazione dell'ambiente costruito può diventare oggetto di deliberazione collettiva e non solo di gestione tecnica.

Progettare le regole entro cui la trasformazione può avvenire

Il secondo principio costituisce il cuore dell'approccio. La predisposizione alla variabilità non si esaurisce nella possibilità di modificare lo spazio, ma richiede che la trasformazione sia resa possibile da un sistema di regole, vincoli e relazioni definito fin dall'origine. Il progetto non coincide quindi con la configurazione finale del sistema costruito, ma con la costruzione delle condizioni entro cui la variazione potrà avvenire in modo coordinato, progressivo e riconoscibile nel tempo.

L'esperienza dell'Incremental Housing di Aravena e Iacobelli (2012), sintetizzata dalla nozione di Half of a Good House, mostra come il progetto possa definire un quadro strutturale, dimensionale e normativo entro cui l'abitante completa e trasforma progressivamente l'alloggio. La regola opera come vincolo abilitante: non prescrive una forma conclusa, ma delimita un campo di trasformazioni possibili. Sanchez (2020) rilegge questo tema nell'età delle piattaforme digitali, distinguendo tra

sistemi estrattivi, che catturano il valore della partecipazione e della personalizzazione, e *commons* generativi, in cui parti, regole e possibilità combinatorie diventano accessibili a una pluralità di soggetti. La predisposizione alla variabilità si colloca tra regia abilitante e *commons* generativo, chiarendo chi dispone degli strumenti della trasformazione e quale iniziativa venga riconosciuta alla comunità che abita.

Coordinare le due intelligenze: comunità attiva e progetto come mediazione

Il terzo principio riguarda la mediazione progettuale tra le due intelligenze introdotte in apertura. L'Intelligenza Ambientale (Leach, 2022) e l'Intelligenza Collettiva (Lévy, 1994) vengono trattate come due strati, ciò che i sistemi di rilevamento rendono conoscibile dell'ambiente e ciò che gli abitanti fanno insieme. Il progetto ha il compito di metterli in relazione, anziché lasciarli giustapposti. In questa cornice l'Intelligenza Artificiale assume un ruolo strumentale e non risolutivo. Potenzia la leggibilità dello spazio e può abilitare forme di personalizzazione su scala. Kolarevic e Duarte (2019) mostrano come la *mass customization* non riguardi soltanto la differenziazione dell'output, ma l'accesso agli strumenti della variazione. La distinzione critica diventa allora quella tra piattaforma chiusa, che cattura il valore della personalizzazione, e *commons* generativo, che ne redistribuisce regole, parti e possibilità, secondo il vocabolario di Sanchez (2020).

Da questo intreccio discende una riconfigurazione del ruolo del progettista. La predisposizione alla variabilità configura l'abitante come soggetto attivo e amplia il ruolo del progettista verso una dimensione di mediazione e regia: fornire alla comunità strumenti per governare il cambiamento, orientando le potenzialità tecniche verso obiettivi di interesse pubblico.

La trasformabilità fisica come orizzonte praticabile

Il quarto principio affronta la traduzione fisica della trasformazione. La predisposizione alla variabilità non richiede un apparato tecnologico interamente inedito, ma la combinazione coerente di logiche e strumenti già disponibili, riorientati attorno ai principi della reversibilità e dell'incrementalità. Sul piano costruttivo, la distinzione habrakeniana tra Support (durevole) e Infill (sostituibile) resta il riferimento di base, integrata oggi dalla possibilità di pensare i componenti come parti discrete e ricombinabili (Habraken, 1972; Retsin, 2019). Tale logica ammette esiti diversificati, dalla prefabbricazione leggera al riuso adattivo di componenti già in opera. Sul piano politico-progettuale, l'organizzazione di tali componenti come patrimonio distribuito sottrae la riconfigurabilità a una logica strettamente proprietaria (Sanchez, 2020).

La convergenza di questi riferimenti non risolve il divario, ma rende possibile qualcosa di più circoscritto e per questo praticabile: rendere il divario percorribile in modo incrementale, una parte alla volta. In questa logica l'abitare adattivo si configura come processo da governare nel tempo, un laboratorio progettuale permanente le cui regole e infrastrutture informative sono iscritte fin dall'origine nel sistema, mentre gli esiti restano deliberatamente aperti alle modificazioni successive.

Conclusione

Il digitale non ha inaugurato il nodo teorico e progettuale dell'abitare adattivo, e non sembra destinato a risolverlo da solo. Ha però reso visibile con una precisione prima difficilmente raggiungibile lo scarto tra ciò che dello spazio è conoscibile e ciò che di esso è effettivamente trasformabile. È uno scarto che le utopie adattive del Novecento avevano intuito senza poterlo misurare, che le visioni proto-digitali degli ultimi decenni hanno ampliato, talvolta senza riconoscerlo come tale, e che oggi si pone alla cultura del progetto in termini nuovi. La novità non riguarda soltanto la natura degli strumenti disponibili, ma il fatto che la distanza tra leggibilità e trasformabilità sia divenuta essa stessa misurabile, discutibile e progettualmente orientabile.

La predisposizione alla variabilità non risolve questo scarto. Indica piuttosto un modo di attraversarlo senza cedere all'ottimismo tecnologico né alla rassegnazione. Progettare le condizioni della variazione anziché la forma variata, trattare i dati come bene comune anziché come strumento di

controllo, assumere la reversibilità come categoria costruttiva anziché come correttivo a posteriori sono operazioni già presenti, in forme diverse, nella storia della cultura tecnologica del progetto. Nel quadro digitale contemporaneo esse trovano tuttavia condizioni di praticabilità più solide di quante ne avessero mai avute.

Resta però un rischio che merita di essere nominato. Il digitale può produrre l'apparenza dell'adattività, fatta di spazi che sembrano flessibili, dati che sembrano condivisi e processi che sembrano partecipativi, senza produrne la sostanza. Questa sostanza coincide con la capacità delle comunità di trasformare effettivamente l'ambiente nel tempo, secondo priorità riconoscibili e con strumenti accessibili. La distinzione tra piattaforma estrattiva e *commons* generativo, tra leggibilità come controllo e leggibilità come risorsa collettiva, non resta quindi una questione teorica. Emerge nelle scelte costruttive, nei protocolli informativi e nelle forme di governance che ogni intervento adotta o esclude.

L'accesso alla conoscenza prodotta dalla leggibilità digitale e la possibilità di tradurla in trasformazione concreta restano questioni aperte e contestuali. Ciò che la cultura del progetto può fare è costruire le condizioni perché quella negoziazione sia possibile, attraverso sistemi reversibili, dati accessibili e spazi abbastanza indeterminati da accogliere i futuri che il progetto non può ancora vedere.

Riconoscimenti e attribuzione

Il contributo è il risultato di una riflessione comune dei due autori, che hanno condiviso in egual misura tutte le fasi della ricerca e della scrittura.